4T

УДК 62-566, 65.01, 519-714, 537.533

Л.И. Тимченко, А.А. Поплавский, Н.И. Кокряцкая, А.В. Поплавский
Государственный экономико-технологический университет транспорта, г. Киев, Украина
timchen@list.ru, olexander@list.r

Использование градиентных масок для быстрого определения центров изображений пятен лазерных пучков с повышенной точностью

В статье рассматриваются проблемы определения центров объектов в реальном масштабе времени. Предлагаемый подход обработки изображений позволяет повысить точность нахождения центра пятенных объектов за счет учета особенностей их границ.

Введение

Стремительно возрастающие требования современных вычислительных сред стимулируют разработку новых методов передачи и обработки информации. Жесткие требования систем, обрабатывающих информацию в режиме реального времени, заставляют ученых регулярно создавать и обновлять системы передачи информации. В наше время большинство интернет-каналов не способны обеспечить необходимый качественный обмен информацией между такими системами, что, в свою очередь, приводит к перегрузке данных каналов и созданию так называемых цифровых пробок. Одним из способов решения проблемы передачи и обработки больших объемов информации может быть применение оптоволоконного кабеля, но прокладывание данного кабеля по всей планете – слишком дорогое удовольствие. Поэтому использование лазерных лучей и спутников является одной из самых перспективных моделей передачи информации в будущем. В этом случае стало бы возможным, например, передавать десятки полнометражных фильмов в любую точку земного шара за доли секунды. Большинство спутников передают информацию, например, телевизионные программы с помощью микроволнового излучения. В то же время передача информации с помощью лазера может происходить в сотни раз быстрее, что, в свою очередь, существенно повлияет на пропускную способность канала передачи.

Для передачи информации с помощью лазера необходимо, чтобы спутник и принимающее устройство (ПУ) находились в определенной позиции. Положение линзы ПУ диаметром всего несколько сантиметров должно быть отрегулировано до тысячной доли градуса. В противном случае передача информации просто не состоится.

Во время процесса отслеживания спутника принимающим устройством, происходящего на всех этапах работы системы, одной из основных задач является прогнозирование положения изображения пятна лазерного луча, а именно его геометрических характеристик, искажающихся, в свою очередь, под воздействием турбулентности и воздушных масс.

В реальных условиях ЛП не имеют четко определенных контуров, что, в свою очередь, значительно усложняет задание определения центра ЛП. Неспособность традици-

онных методов определения центра объекта нечеткого изображения ЛП состоит в использовании одного контура или одной выборки пикселей с одинаковыми весовыми коэффициентами, определенными по определенному пороговому значению. Например, при традиционном использовании порога не исключена возможность того, что точка, которая находится на границе контура с вероятностью принадлежности к объекту 50%, будет влиять на определение центра ровно столько же, сколько центральная точка с 100% вероятностью, или её присутствие будет полностью упущено.

Границам объектов при квантовании сигнала отвечают резкие как положительные, так и отрицательные изменения его яркости (рис. 1).

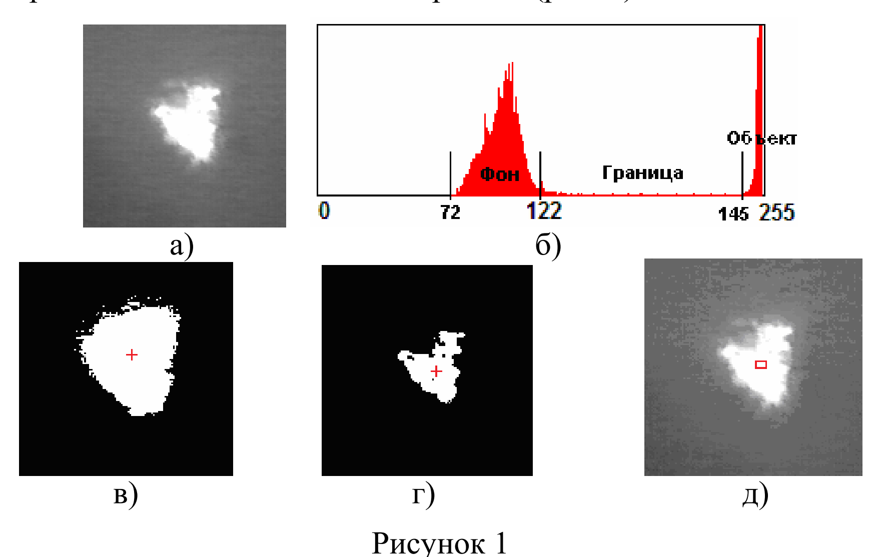


Рисунок 1
а) базовое изображение, б) гистограмма изображения, в) бинаризированное изображение по минимальному порогу, г) бинаризированное изображение по максимальному порогу, д) область размещения реального центра объекта

Для решения задачи повышения точности прогнозирования [1] поведения центров последовательности изображений пятен лазерных пучков (ПЛП) целесообразно повысить точность определения центра пятенного объекта с помощью максимального использования его информационных признаков.

Целью данной работы является разработка метода определения координат центров объектов с повышенной точностью, используя стандартные аппаратно-программные средства.

Определение весовых коэффициентов контурной ленты. Описание модели

В данной работе предлагается определять центры ПЛП с помощью контурной ленты, образующейся вследствие использования градиентных масок или других методов определения границ на нечетких изображениях.

Контурной лентой называется область элементарных частиц изображения, которая позволяет отделить объект от фона. Большинство методов выделения контурных признаков основывается на том, что разным объектам изображения отвечают области с относительно одинаковыми значениями яркости. На границах же яркость заметно меняется.

Как пример задействуем фильтр Робертса [2]. Известно, что фильтр Робертса – нелинейный метод контрастирования, использующий операции двумерного дискретного дифференцирования. Фильтр Робертса задействует квадратную апертуру размером 2×2, весовая функция которой принимается равной единице:

A	C
B	D

Рисунок 2 – Апертура нелинейного фильтра Робертса

$$A' = |A - D| + |B - C| = \sqrt{(A-D)^2 + (B-C)^2}. \quad (1)$$

Вторая форма записи (с квадратным корнем) работает медленнее, но точнее [3]. Рассчитанное значение A' заносится в элемент A, после чего рабочее окно сдвигается.

Фильтр Робертса достаточно эффективно выделяет границы, но при этом плохо справляется с высокочастотными шумами, хотя низкочастотный шум (до 50%) практически не влияет на сегментацию [2].

Алгоритм фильтрации по Робертсу является элементарным (а значит, и самым быстродействующим, что не менее важно при обработке графики) (рис. 3).

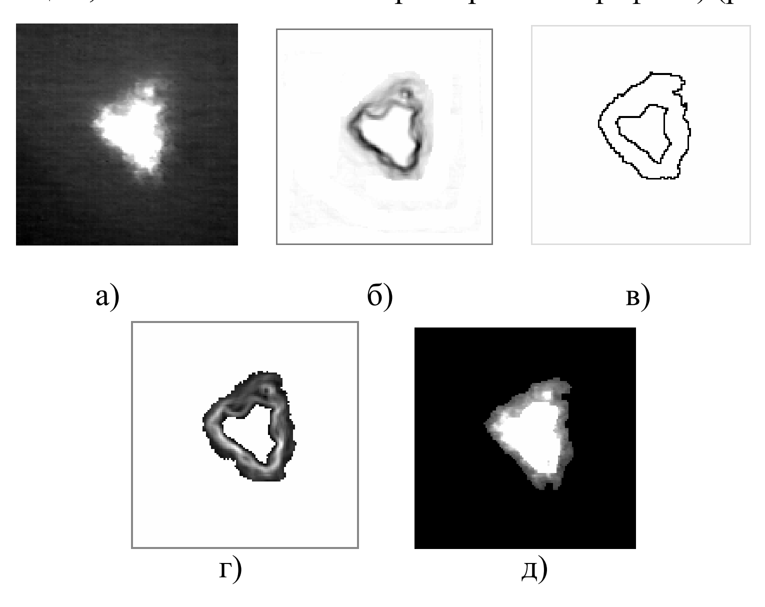


Рисунок 3
а) базовое изображение, б) градиентное изображение (фильтр Робертса),
в) внешняя и внутренняя границы объекта, г) информация для коррекции,
д) данные для определения центра с повышенной точностью

После наложения градиентной маски на изображение определяются внешние и внутренние границы объекта. Внутренняя граница задаёт базовый центр тяжести объекта, в то время как область между внешней и внутренней границей используется для его коррекции.

Для нахождения центра тяжести контура необходимо найти площадь и статические моменты инерции контура.

Моменты инерции рассчитываются по формулам:

$$In_x = \frac{\sum (x[i] - x[i+1]) \times (y[i]^2 \times y[i] \times y[i+1] \times y[i+1]^2)}{6}, \quad (2)$$

$$In_y = \frac{\sum (y[i] - y[i+1]) \times (x[i]^2 \times x[i] \times x[i+1] \times x[i+1]^2)}{6}. \quad (3)$$

Следующим шагом является вычисление площади контура. Поскольку контур можно рассматривать как многоугольник, то площадь контура, заданная своими вершинами в порядке обхода в виде замкнутой кривой без самопересечений, вычисляется по формуле:

$$S = \frac{1}{2}\left|\sum_{k=0}^{n-1}(x_k + x_{k+1})(y_k - y_{k+1})\right| , \tag{4}$$

где $x_0 = x_n, y_0 = y_n$.

$$I_x = \frac{In_x}{S}, \quad I_y = \frac{In_y}{S}. \tag{5}$$

Коррекция центра объекта происходит следующим образом.

Используются только точки, лежащие в области между внешней и внутренней границей. Сначала находим приведенное максимальное значение яркости в контурной области:

$$G^*{}_{\max} = G_{\max} - G_{\min}. \tag{6}$$

Каждой точке в данной области $x(i, j)$, где i, j – соответственно абсцисса и ордината точки, назначается своя пара весовых коэффициентов влияния K_i и K_j.

$$G^*{}_{ij} = G_{ij} - G_{\min}, \tag{7}$$

$$\kappa_i = (I_x - i)\cdot P\frac{G^*{}_{ij}}{S_{зн}G^*{}_{\max}}, \tag{8}$$

$$\kappa_j = (I_y - j)\cdot P\frac{G^*{}_{ij}}{S_{зн}G^*{}_{\max}}, \tag{9}$$

где $P \in [0,1]$ – параметр, определяющий влияние контурной ленты на коррекцию центра; i, j – числовые значения абсциссы и ординаты, $G^*{}_{ij}$ – точечное приведенное значение яркости.

Определим параметры коррекции:

$$K_x = \sum \kappa_i, \quad K_y = \sum \kappa_j. \tag{10}$$

Находим координаты откорректированного центра:

$$I_{x\,скор} = I_x + K_x, \tag{11}$$

$$I_{y\,скор} = I_y + K_y. \tag{12}$$

Результаты экспериментальных исследований и выводы

Обработав значительное количество изображений (15 лазерных трасс по 1000 изображений), можно отметить то, что данный алгоритм улучшает результаты алгоритмов прогнозирования положения центров изображений на 4 – 8%, используя дополнительно информацию яркости точек, находящихся на границе между фоном и объектом. А в сочетании с алгоритмом классификации кадров последовательности изображений на основе динамического туннеля до 15%.

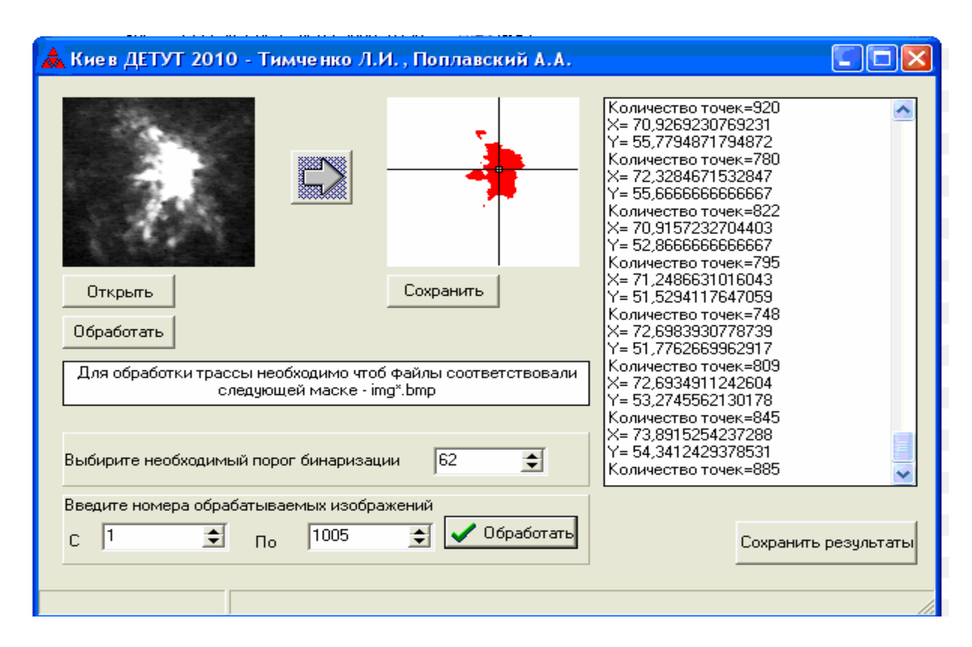


Рисунок 4 – Результаты работы программы обработки трасс лазерных пучков

К основным преимуществам данного алгоритма по сравнению с классическими методами определения центра фигуры [4] можно отнести:

1. Алгоритм корректно работает с изображениями, объекты которых не имеют четко выраженной краевой линии.
2. Точность определения центра повышена за счет учета особенностей контурной линии.
3. Определение центров изображений с повышенной точностью не требует значительных временных затрат, что позволяет эффективно обрабатывать динамические изображения.
4. Алгоритм реагирует на наименьшие изменения границы объекта динамического изображения и соответствующим образом реагирует на определение центра.
5. Алгоритм учитывает возможность изменения полезного сигнала шумами.

Литература

1. Кожем’яко В.П. Analysis of the methodological approaches in connection with the problem solving of extrapolation of object trajectory / В.П. Кожем’яко, Л.І. Тимченко, О.А. Поплавський // SPIE. – 2003. – Vol. 5175. – С. 222-236.
2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений / Прэтт У. – М. : Мир, 1982. – Т. 1,2.
3. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений / Павлидис Т. – М. : Радио и связь, 1986.
4. Method for Processing of Extended Laser Paths Images / L.I. Timchenko, Yu.F. Kutaev, V.P. Kozhemyako [et al.] // Advances in Electrical and Computer Engineering. – Suceava (Romania). – 2003. – Vol. 3 (10), № 2 (20). – P. 66-78.

Л.І. Тимченко, О.А. Поплавський, Н.І. Кокряцька, А.В. Поплавський

Використання градієнтних масок для швидкого визначення центрів зображень плям лазерних пучків з завищеною точністю

У статті розглядаються проблеми визначення центрів об’єктів у реальному масштабі часу. Запропонований підхід обробки зображень дозволяє підвищити точність знаходження центра за рахунок врахування особливостей границь об’єктів.

Статья поступила в редакцию 15.06.2010.